



PN : JP 0010068608 AA

PC : JP

AC : JP

AN : 226269

AD : 28.08.1996

PUB: 10.03.1998

ICM: ***G01B 11/00***

ICS: ***G01B 11/02***

IN : TSUBURAYA NORIO

PA : NIKON CORP

TI : HEIGHT MEASURING APPARATUS

AB : PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a height measuring apparatus by which the height distribution, the highest point and the lowest point on the surface of an object to be inspected are found in a short time.
SOLUTION: An object 22, to be measured, having ***three*** height faces is scanned in its height direction, a plurality of pieces of two-dimensional image data on its surface are acquired, and a position in which the frequency component or the ***contrast*** component of the image data in every ***focus*** detection window region 52 becomes highest is detected as the height position of every region. A mechanical scanning and photoelectric conversion process in the height direction is performed once, and the height distribution on the surface of the object can be found in a short time.

COPYRIGHT: (C)1998, JPO

ICP: ***G01B 11/02***

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-68608

(43) 公開日 平成10年(1998) 3月10日

(51) Int.Cl.⁸

G 0 1 B 11/00

11/02

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 1 B 11/00

11/02

技術表示箇所

H

Z

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-226269

(22) 出願日 平成8年(1996) 8月28日

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 圓谷 寛夫

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 弁理士 土井 健二 (外1名)

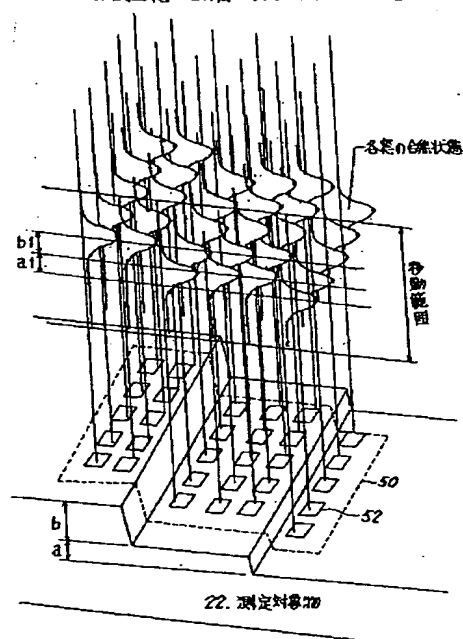
(54) 【発明の名称】 高さ測定装置

(57) 【要約】

【課題】被検査物の表面の高さ分布や最高点、最低点を短時間で求める。

【解決手段】被検査物の表面の2次元画像データを高さ方向に走査して複数取得し、それぞれの領域での画像データの周波成分またはコントラスト成分が最も高くなる位置を、それぞれの領域の高さ位置として検出する。高さ方向の機械的な走査及び光電変換工程を1回で行い、表面の高さ分布を短時間で求めることができる。

各検出器ごとの高さ方向による合衆状態



【特許請求の範囲】

【請求項1】被検査物の表面の高さ方向の位置を画像処理によって検出する測定装置において、被検査物の表面からの光を光学系を介して光電変換手段に照射させて得られる電気信号による二次元の画像データの、該被検査物の表面を分割した複数の領域にそれぞれ対応する部分から取得した二次元の画像データ群を、該被検査物の高さ方向に走査して複数の高さ位置毎に取得し、前記複数の領域各々において、前記画像データ群の二次元方向の高周波数成分が、前記高さ方向で最も大きくなる位置を前記被検査物の表面の高さとして検出することを特徴とする測定装置。

【請求項2】被検査物の表面の高さ方向の位置を画像処理によって検出する測定装置において、被検査物の表面からの光を光学系を介して光電変換手段に照射させて得られる電気信号による二次元の画像データの、該被検査物の表面を分割した複数の領域にそれぞれ対応する部分から取得した二次元の画像データ群を、該被検査物の高さ方向に走査して複数の高さ位置毎に取得し、前記複数の領域各々において、前記画像データ群の二次元方向のコントラストが、前記高さ方向で最も大きくなる位置を前記被検査物の表面の高さとして検出することを特徴とする測定装置。

【請求項3】請求項1または2記載の測定装置において、前記高さ方向毎に取得した前記画像データ群の高周波成分またはコントラストの値を、該高さ方向で補間し、該高さ方向で最も大きくなる位置を前記被検査物の表面の高さとして検出することを特徴とする測定装置。

【請求項4】被検査物の表面の高さ方向の位置を画像処理によって検出する測定装置において、被検査物の表面からの光を光学系を介して光電変換手段に照射させて得られる電気信号による二次元の画像データの、該被検査物の表面を分割した複数の領域にそれぞれ対応する部分から取得した二次元の画像データ群の値を記憶し、前記記憶した画像データ群の各々の値と、あらかじめ記憶させた高さの異なる被検査物表面位置における画像データの値とを比較して、当該画像データ群に対応する被検査物表面の高さを検出することを特徴とする測定装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、画像処理を利用して被検査物表面の高さを測定する高さ測定装置に関する。

【0002】

【従来の技術】被検査物の高さを検出する技術として、

測定しようとする表面に対して光学系の焦点を合わせてその時の高さの情報を取得する方法がある。具体的には、例えば測定表面の領域にカメラを合わせて、そのカメラの光学系または被測定物を上下方向に移動させ、それぞれの高さ位置での領域内の光強度の高周波成分またはコントラスト成分を抽出し、高さ方向でその高周波成分やコントラスト成分が最大になる所を合焦位置とする方法である。

【0003】測定表面に金属のひき目による凹凸が形成されている場合は、その表面からの光強度はその平面方向では高い周波数で変化する。従って、焦点が合っている程光強度の変化はよりシャープになりその高周波成分が大きくなる。また、測定表面に白黒の繰り返しパターンが形成される場合は、その表面からの反射光の光強度は平面方向で高いコントラストを有する。このことは高周波成分が高いことを意味するが、別のとらえ方をするとコントラストが高いことを意味する。この点も同様に焦点が合っている程そのコントラストは鮮明になる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記の従来例では、特定の領域の高さを測定する為にその領域について高さ方向の機械的な走査を行う必要がある。その為、測定対象物の表面の高さの分布を求めたい時は、表面の複数の領域に対して、上記の機械的走査を行いその領域からの反射光の光強度の高周波成分やコントラスト成分が最も高い位置を検出する作業を繰り返す必要がある。更に、測定対象物の表面の最も高い位置と低い位置を求める場合も、同様に複数の領域毎に上記工程を繰り返すことになる。

【0005】例えば、図7の示した通り、測定対象物にA、B、C面と高さが異なる領域がある場合、その表面の高さ分布を求める為には、図7(A)の様に合焦用窓10をA面の領域に合わせて、図7(B)、(C)と焦点位置を上下方向に移動させ、それぞれの位置での合焦用窓10内での高周波成分やコントラスト成分を比較し、最も高い(A)の位置をその高さ位置と判断する。この工程をB面についても行って図7(B)の位置をB面の高さ位置と判断する。C面についても同様にして求める。図中、白い部分は焦点があっている面であり、グレーかかった面は焦点があっていない面を意味する。

【0006】以上の様に、高さ分布や最高点と最低点を求める場合には非常に時間がかかるという問題点があった。

【0007】本発明は、上記問題点を解決して、短時間で表面の高さ分布や最高点、最低点を検出することができ、高さ測定装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記の目的は、本発明によれば、被検査物の表面の高さ方向の位置を画像処理によって検出する測定装置において、被検査物の表面から

の光を光学系を介して光電変換手段に照射させて得られる電気信号による二次元の画像データの、該被検査物の表面を分割した複数の領域にそれぞれ対応する部分から取得した二次元の画像データ群を、該被検査物の高さ方向に走査して複数の高さ位置毎に取得し、前記複数の領域各々において、前記画像データ群の二次元方向の高周波数成分またはコントラストが、前記高さ方向で最も大きくなる位置を前記被検査物の表面の高さとして検出することを特徴とする測定装置を提供することにより達成される。

【0009】上記の様に、被検査部物の表面の二次元の画像データを高さ方向に走査して取得し、その三次元の画像データから領域毎に高さ方向の高周波成分またはコントラスト成分が最も高い位置を求めることで、高さ分布を求めることができる。この方法では、高さ方向の機械的な走査は1回だけで良く短時間で高さの分布を求めることができる。

【0010】更に、上記目的は、本発明によれば、被検査物の表面の高さ方向の位置を画像処理によって検出する測定装置において、被検査物の表面からの光を光学系を介して光電変換手段に照射させて得られる電気信号による二次元の画像データの、該被検査物の表面を分割した複数の領域にそれぞれ対応する部分から取得した二次元の画像データ群の値を記憶し、前記記憶した画像データ群の各々の値と、あらかじめ記憶させた高さの異なる被検査物表面位置における画像データの値とを比較して、当該画像データ群に対応する被検査物表面の高さを検出することを特徴とする測定装置を提供することにより達成される。

【0011】上記の方法によれば、基準となる高さとして画像データの値、例えば高周波成分等、と、任意の焦点になっている光学系から得た被測定物表面からの二次元の画像データ群の値とを比較することで、高さ方向の機械的な走査を行うことなく表面の少なくとも高さの相対関係を求めることができる。

【0012】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面に従って説明する。しかしながら、本発明の技術的範囲がその実施の形態に限定されるものではない。

【0013】図1は、本発明の実施の形態の高さ測定装置の概略全体図である。ステージ及び光学系20とその制御及び信号処理部30とから構成される。ステージ及び光学系20には、XとY方向に移動可能なステージ21と、その上に置かれた測定対象物22に焦点を合わせる為の光学系23と、その光学系23を介して得られた測定対象物22の画像を捉える撮像カメラ25を備えている。そして、光学系23を上下方向に移動させるモータ26が設けられ、その移動位置を正確に検出するエンコーダスケール24が備えられている。測定対象物21は、図示されない落射照明により照明され、その表面か

らの反射光がカメラ25内に設けられたCCD素子に照射されてその光強度に応じた電気信号に変換される。

【0014】制御及び信号処理部30には、全体の制御を行うCPU40、カメラ25からの画像信号を処理する画像処理部31、支柱に取り付けられた光学系23を上下方向に移動させるモータ26を駆動する駆動回路部35、その移動量をエンコーダスケール24から読み取る高さ位置読取部36及び高さ分布や最高点、最低点を出力するモニタ41が設けられる。

【0015】画像処理部31内にはカメラ25からのCCD素子の出力である画像データ信号を一旦格納するCCDメモリ34、その画像データを基にして複数領域での高周波成分やコントラスト成分を求める信号処理部32等が設けられる。また、CPU40には、その制御シーケンスプログラムを格納したROM39、画像処理部31が求めた二次元の画像データ群を高さ方向毎に格納する3Dメモリ37等が接続される。33、38はRAMであり、各種の演算時、制御時に利用される。

【0016】図2は、二次元撮像素子であるCCD素子から捉えられる二次元の画像データが格納されるCCDメモリと合焦検出窓との関係を説明する図である。カメラ25内に設けたCCD素子は、光学系23を介して捉えられた画像をその光強度に応じて電気信号である画像データ信号に変換する。このCCD素子は、例えば二次元の画像を同時に検出できる場合は、光学系23からの画像を同時に二次元画像データとして変換することができる。または、光学系23内に直交する2軸を中心に回転する反射鏡等により測定対象物22の表面を走査して二次元のCCD素子に画像信号を照射しても良い。更に、1次元のCCD素子でも表面を走査することで、二次元の画像データ信号をCCDメモリ34に格納することができる。

【0017】何れの方法であっても、CCDメモリ34に格納された二次元画像データ50が、図2に示される通り、複数のマトリクス状の合焦検出窓52に分割される。図2の例では、n行m列に展開された領域52に分割される。この分割は、単にCCDメモリ34の領域をソフトウェア的に区別するだけで良く、特殊なハードウェアによる分割を必要とはしない。

【0018】前述した通り、本発明では、図2に示した二次元の画像データについて、各領域52毎にその平面方向の画像データの高周波成分やコントラスト成分が求められる。その成分を求める演算は、図1中の画像処理部31により行われる。信号処理部32はカスタムメイドされた例えばDSP (Digital Signal Processor) であり、CCDメモリ34内に格納された画像データの各領域52毎の高周波成分やコントラスト成分を演算により求める。

【0019】高周波成分を求める場合は、各領域で検出される光強度の変化の周波数成分が高くなる程焦点が合

っていることを意味するので、その高周波成分の大きさが演算により求められる。また、コントラスト成分を求める場合は、各領域52で検出される光強度の変化の微分値が大きいほど焦点が合っていることを意味するので、その微分値がコントラスト成分として利用される。他にもそれらの成分を検出する手法は種々考えられ、いずれの物理量を利用しても良い。

【0020】上記の様に画像処理部31で求められた領域52毎の上記成分値が、高さ位置毎に求められて、3Dメモリ37に格納される。そして、その格納された画像データ群を利用して、特定の領域（合焦検出窓）52毎にその高さ方向での高周波成分値またはコントラスト成分値をスキャンしてその成分値が最も高い位置をその領域での高さとして認識する。

【0021】図3は、一つの領域52の高周波成分値と高さ位置との関係を示すグラフ図である。縦軸が、高さ位置（光学系23の移動方向）であり、横軸が高周波成分値の大きさを示す。実際に高さ位置を変化させて画像データを検出しているので、図3に示す様にサンプリング点での高周波成分が検出されるだけである。そこで、CPU40ではサンプリング点の値からその間を補間し、図3の如き曲線を求める。

【0022】図3に示される通り、高周波成分がピークになる高さ位置が合焦位置であり、その高さ位置が当該領域52の高さであると検出される。コントラスト成分の場合でも同様である。

【0023】図4は、測定対象物の高さ分布を求めるフローチャート図である。先ず、光学系23を測定表面を同時に捉えられる程度の倍率にして、任意の高さ位置に移動する（S1）。この移動は、駆動回路部35によりモータ26を駆動させることで行われる。そして、カメラ25内のCCD素子により光の画像信号を電気信号に変換し、CCDメモリ34内に二次元の画像データ信号として格納する（S2）。そして、画像処理部31では、DSPからなる信号処理部32にて各合焦検出窓に対応する領域での光強度の水平方向の高周波成分またはコントラスト成分を演算により抽出する（S3）。その求めた成分値からなる画像データが3Dメモリ37にその時の高さ（Z値）に対応する二次元画像データとして記憶される（S4）。

【0024】以上の工程が、光学系23を高さ（Z値）方向に移動させながら各高さ位置毎に繰り返される（S5）。その結果、3Dメモリ37には、高さ位置毎の二次元画像データ群が格納されることになる。

【0025】そして、CPU40により、各合焦検出領域52毎に高周波成分またはコントラスト成分のサンプリング点間を補間法で求めその値が最大値となる高さ位置（Z値）を求める（S7）。そして、モニタ41にその分布を表示する。

【0026】図5は、3つの高さの面を有する測定対象

物22に対して画像データを収集して、図3に示した高周波成分のグラフを合焦検出窓領域52毎に表示した図である。各領域52毎のグラフを作成し、それぞれのピーク位置をその領域での高さ位置と捉えることで、高さ分布を得ることができる。図5中には、3つの面の間の段差の大きさa、bがそれぞれの面内の領域でのピーク位置から導かれている。

【0027】以上の様に、光学系23のZ軸方向の機械的な走査は1回しか行われぬ。そして、それぞれの高さ位置で、二次元画像データが取得されメモリに格納される。そして、その様にして取得した三次元の画像データを基にした画像処理により高周波成分やコントラスト成分のピーク位置を求めることで、高さ分布を求めることができる。尚、光学系23を上下動させるだけでなく、光学系23と測定対象物22との間の相対距離を走査させれば良い。

【0028】図6には、本発明の第二の実施の形態を説明する為の図が示される。上記した実施の形態では、測定対象物の表面の高さ分布や最高点、最低点を求める為に光学系23と測定対象物22との相対位置を走査させた。しかしながら、高さの異なる表面間の相対的な高さの差を検出するだけの場合は、上記の如き走査は必要なく、光学系23と測定対象物22との間を任意の高さの差にして二次元の画像データを取得するだけで足りる。

【0029】この実施例の場合は、測定対象物の表面が一樣に同じ金属面のひき目模様になっていたり、同じ白黒のパターンになっていることが前提要件となる。そして、例えば、あるサンプルの表面に対して1度だけ高さ方向に走査して、その時の高周波成分やコントラスト成分をあらかじめ求めておく。その結果得られる基準値としてのグラフは、図3に示される通りとなる。このグラフをもとにして、合焦位置の上下方向の高さに対する高周波成分の値のテーブルを図6の（A）に示す様に作成する。即ち、サンプルに対しては1つの領域の画像データだけを取得するだけで良い。

【0030】次に、サンプルと同じ表面状態の測定対象物に対して、図2に示した様に二次元の画像データを取得する。その時の光学系23と測定対象物22との間の距離は任意の値で良い。従って、光学系23の合焦位置が測定対象物に対して何処に位置するのか認識しておく必要はない。

【0031】例えば、図5で示した様な3つの面A、B、Cからなる測定対象物の表面から検出した画像データ信号により、図6の（B）に示した様な値が高周波成分として検出されたとする。そこで、図6（A）の参照テーブルと比較することで、A面とB面の高さの差は、参照テーブルの高さ+1と+2との高さの差に等しいことが検出できる。同様に、B面とC面との高さの差は、参照テーブルの高さ+2と+3との高さの差に等しいと検出される。

【0032】今仮に、参照テーブルの高さの差が全て等しくプロットされていたとすると、上記の測定対象物に対して合焦点が異なる高さになっていたとしても、例えば、 $(A, B, C) = (40, 30, 25)$ 等と検出され、その時の高さの差を参照データから求めることができる。

【0033】更に、測定対象物に対する合焦位置が判明しているときは、図6(B)の例でそれぞれの面の絶対的な高さ位置を知ることができる。

【0034】

【発明の効果】以上説明した通り、本発明によれば、光学系と測定対象物との距離を機械的な移動で走査する工程を1回だけ行うだけで表面の高さ分布や最高点と最低点の検出を行うことができる。そして、その走査毎にCCD素子による光電変換を行うだけで良い。従って、従来の様に領域毎に走査と光電変換を繰り返す必要はない。また、二次元画像データを利用することで、あらかじめ走査して求めておいた基準となる参照データとの比較で、一つの高さ位置での画像データからその表面の高さの差を求めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の高さ測定装置の概略全体図である。

【図2】二次元の画像データが格納されるCCDメモリ

と合焦検出窓との関係を説明する図である。

【図3】一つの領域52の高周波成分値と高さ位置との関係を示すグラフ図である。

【図4】測定対象物の高さ分布を求めるフローチャート図である。

【図5】合焦検出窓領域毎の高さ方向による合焦状態を示す図である。

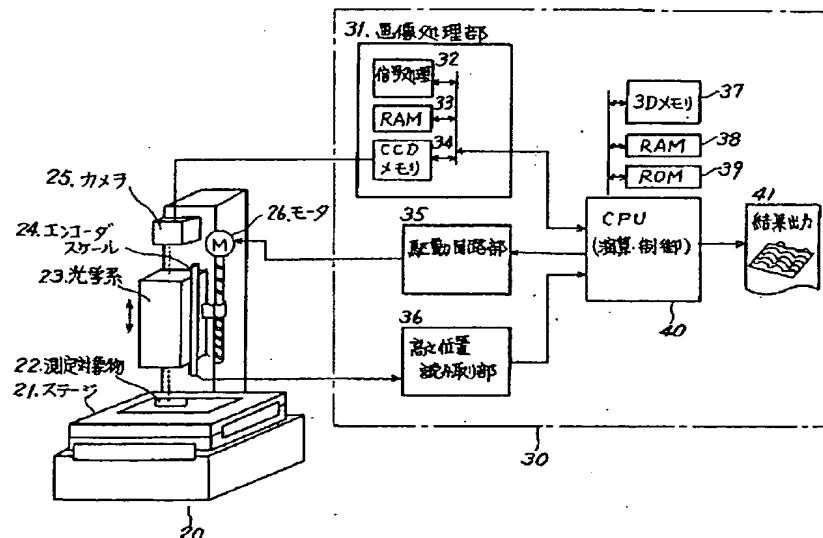
【図6】本発明の第二の実施の形態を説明する為の図である。

【図7】従来の高さ分布を求める方法を説明する図である。

【符号の説明】

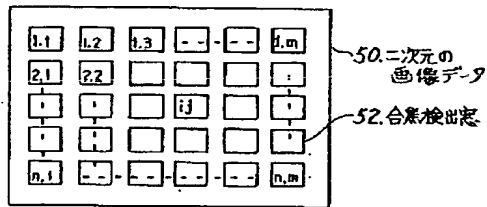
- 21 ステージ
- 22 測定対象物
- 23 光学系
- 25 CCDカメラ
- 30 制御および画像処理部
- 31 画像処理部
- 34 CCDメモリ
- 37 3Dメモリ
- 40 CPU
- 50 二次元画像データ
- 52 合焦検出窓(領域)

【図1】

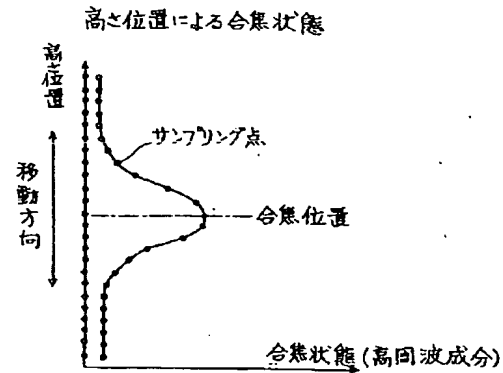


【図2】

二次元の画像データ内の合焦検出窓の配置例

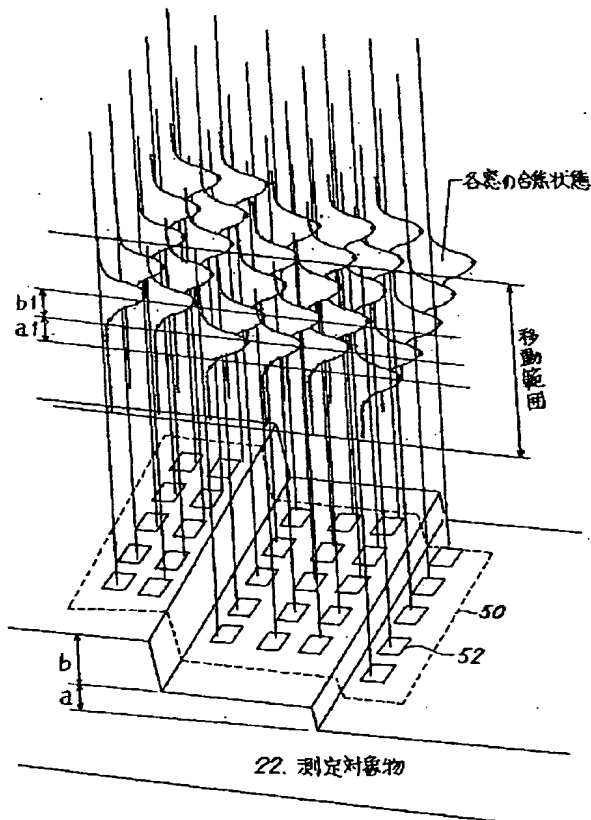


【図3】



【図5】

各検出窓ごとの高さ方向による合焦状態



【図6】

参照テーブル

(A)

| 高さ | 高周波成分 |
|----------|-------|
| +5 | 25 |
| +4 | 30 |
| +3 | 40 |
| +2 | 60 |
| +1 | 90 |
| Z (合焦位置) | 100 |
| -1 | 90 |
| -2 | 60 |
| -3 | 40 |
| -4 | 30 |
| -5 | 25 |

(B)

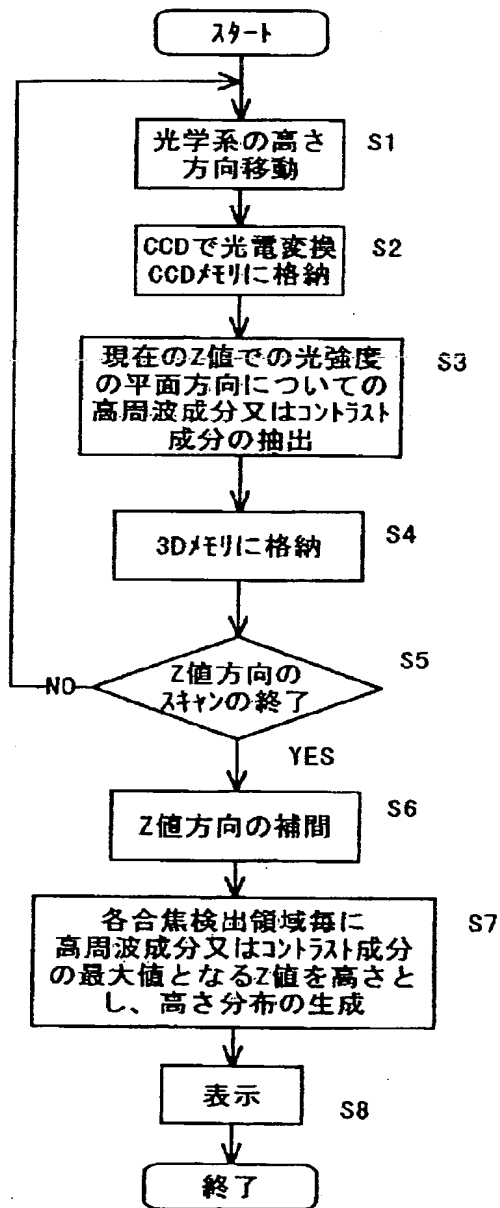
検出例

| | 高周波成分 |
|----|-------|
| A面 | 80 |
| B面 | 60 |
| C面 | 40 |

} 高さの差A-B
 } 高さの差B-C

【図4】

測定対象物の高さ分布を求めるフローチャート図



【図7】

